

Getriebesimulation nach Maß

Getriebe müssen klaglos funktionieren. Tun sie es nicht, kann das weitreichende Konsequenzen haben, wobei der Getriebeschaden selbst oft das kleinere Übel ist. Um nicht nur die Funktionalität, sondern auch Zuverlässigkeit und Lebensdauer zu optimieren, werden in der Entwicklung immer häufiger leistungsstarke Simulationsprogramme eingesetzt. MSC.Software hat mit dem Toolkit „Gear AT“ für das MKS-System Adams ein hochflexibles Werkzeug zur Getriebesimulation entwickelt, dass den gesamten Entwicklungsprozess abdeckt.

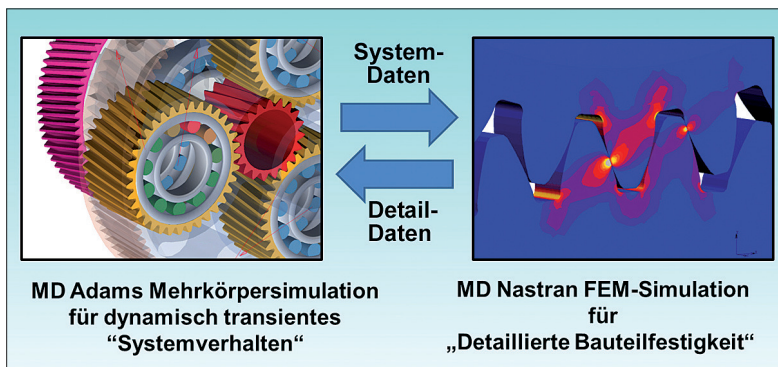


Bild 1

Durch die Kopplung von „MD Adams“ und „MD Nastran“ können komplette Getriebe in hoher Detaillierung und unter Berücksichtigung flexibler Körper simuliert werden

wahrheitet sich einmal mehr der Satz, dass das Ganze mehr ist als die Summe der Einzelteile. Betrachtet man jedoch das umfangreiche Angebot an verfügbarer Getriebedesignsoftware genauer, dann decken viele Programme „lediglich“ die Norm- bzw. Aufgaben-gerechte Auslegung einzelner Komponenten ab. Unter solchen Voraussetzungen ein Getriebe zu bauen, das leicht, leise und schwingungsfrei arbeitet, noch dazu frei von Übertragungsfehlern, haltbar und widerstandsfähig ist, fällt schwer.

Ein Getriebe, das unter idealen Bedingungen hervorragend funktioniert, kann in der Realität gravierende Probleme bereiten. Letztendlich ist deshalb die Betrachtung des Gesamtsystems unter Betriebsbedingungen notwendig. Dazu gehören einerseits die Integration in den gesamten Antriebsstrang, darüber hinaus aber auch die Berücksichtigung von Ablagerungen, Korrosion, Abnutzung der Zahnflanken,

Wenn es laut wird im Getriebe, ist das meist ein Zeichen, dass etwas nicht stimmt. Singen, Mahlen, Rasseln – all diese Geräusche sind nicht nur Schönheitsfehler, sondern kündigen oft kapitale Schäden an. Häufig liegt die Ursache dafür in Bereichen, die bei der Entwicklung nur unzureichend berücksichtigt wurden – nicht etwa wegen der Unfähigkeit der Entwickler, sondern vielmehr weil es nur mit wenigen Berechnungswerkzeugen möglich ist, die tatsächlich herrschenden Betriebsbedingungen zu berücksichtigen.

Frontloading für eine bessere Entwicklung

Damit Fehler im späteren Betrieb erst gar nicht auftreten, müssen bereits in frühen Entwicklungsphasen möglichst umfassende Informationen über die Eigenschaften und das zu erwartende Verhalten des Systems verfügbar sein. Früh bedeutet, schon in der Konzeptphase, also deutlich bevor detaillierte Konstruktionsunterlagen vorliegen, wie sie zum Bau physischer Prototypen benötigt werden, und die oftmals auf Annahmen beruhen, die nur

durch aufwändige Änderungen revidiert werden können.

Leistungsstarke numerische Berechnungsprogramme liefern auch ohne physische Tests frühzeitig aussagekräftige Ergebnisse und helfen, unliebsame Überraschungen zu vermeiden. Ein solches „Frontloading“ spielt deshalb in effizienten Entwicklungsprozessen inzwischen eine zentrale Rolle.

Auslegung von Getrieben

Soweit die Theorie. Auch bei der Getriebeentwicklung be-

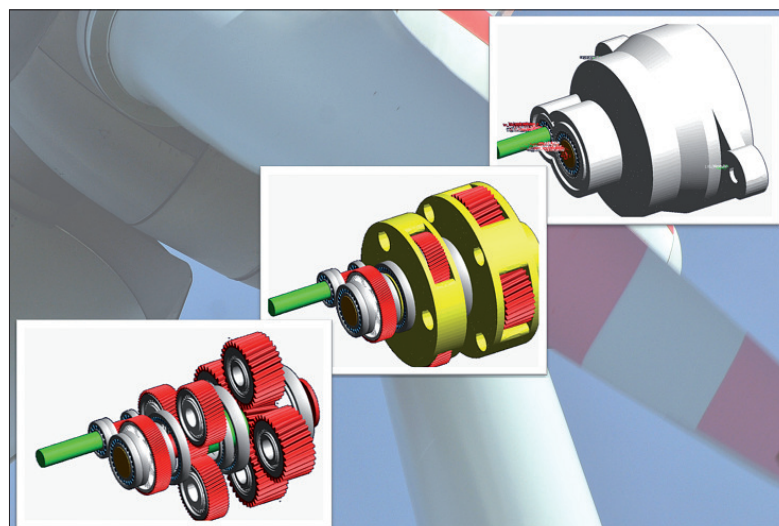


Bild 2

Flexibles Modell des Getriebes einer 5 MW-Windenergieanlage. Durch Integration in den Antriebsstrang können die Wechselwirkungen bei der Auslegung berücksichtigt werden

Autor

Ulrich Feldhaus
Fachjournalist, Erkrath

Kontakt:
MSC.Software GmbH
Am Moosfeld 13
81829 München
Tel.: 0 89/4 31 9 87-0
Fax: 0 89/4 36 17 16
E-Mail: info.de@mscsoftware.com
www.mscsoftware.com

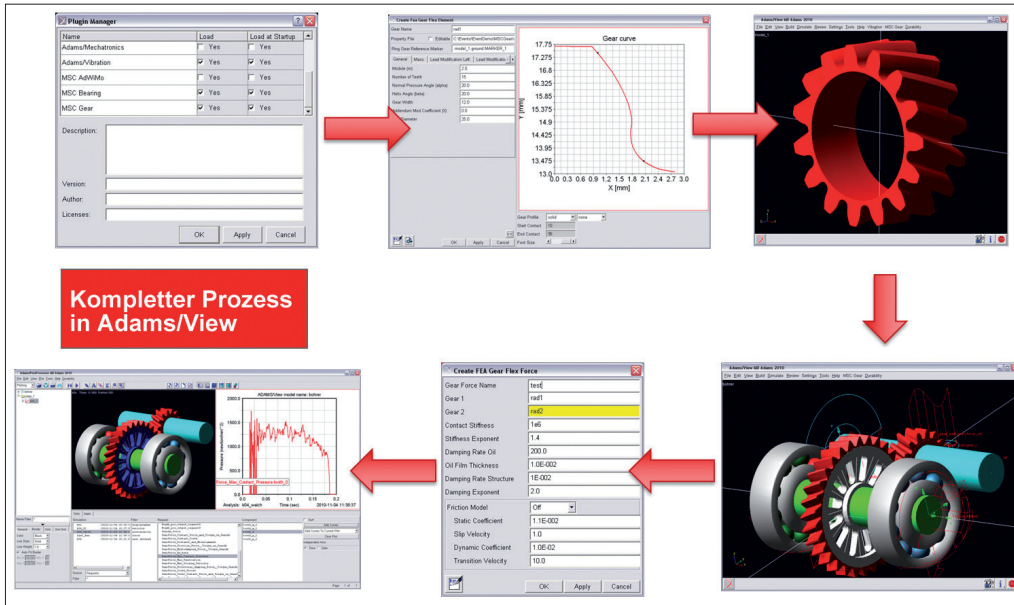


Bild 3

Anwendergerechte Menüs führen Nutzer durch den Simulationsprozess

Ausbrüchen an Zähnen sowie der Zustand von Zahnrädern und Lagern.

Ein Bereich, in dem diese Maßnahmen von besonderer Bedeutung sind, ist die Getriebeentwicklung für Windenergieanlagen, die ständig wechselnden Belastungen, Drehzahlen und thermischen Schwankungen ausgesetzt sind, und die trotzdem eine Laufzeit von 120 000 Betriebsstunden – ein Vielfaches von PKW-Getrieben – erreichen müssen. MSC-Software ist seit Jahren auf diesem Sektor aktiv und verfügt mit Ad-WiMo (AdvancedWindturbine-Modeling) über ein Software-Werkzeug, mit dem komplette Anlagen, unter besonderer Berücksichtigung des Getriebeaspekts, simuliert werden können.

Unterschiedliche Programme mit unterschiedlichen Ansätzen

Simulationsprogramme für Getriebe lassen sich grob in drei Gruppen kategorisieren: analytische Programme, FEM-Programme und MKS-Anwendungen.

Mit analytischen Programmen lässt sich eine Grundausslegung des Systems und der Komponenten durchführen, eventuell auch eine Systemsimulation unter idealisierten und meist stationären Bedingungen. Sie können jedoch transiente dynamische Prozesse nicht in einer genügenden Auflösung simulieren, um zu diagnostizieren, welche Komponente bzw. Komponentenkombination wo und weshalb Schwierigkeiten bereiten.

Genau andersherum sieht es bei FEM-Programmen aus. Zwar lassen sich mit ihnen extrem detaillierte Modelle generieren, die z. B. auch die Mikrogeometrie der Verzahnung berücksichtigen. Möchte man mit einer derartigen Detaillierung jedoch ein komplettes Getriebe simulieren, stößt man schnell an zeitliche und kapazitive Grenzen. Häufig wird die FEM deshalb erst für gezielte Schadensanalysen in Teilbereichen eingesetzt.

MKS – der Stein der Weisen?

Bleibe noch die Mehrkörper-simulation (MKS), deren Grund-

prinzip darauf beruht, starre Körper in Form von diskreten Massen über Stabelemente miteinander zu verbinden, wobei die Beweglichkeit der Körper zueinander über idealisierte kinematische Gelenke definiert wird. Um auch die strukturelle Elastizität und Flexibilität von Komponenten berücksichtigen zu können, wird die MKS mit der FEM-Analyse kombiniert. Mit einem solchen Ansatz lassen sich auch komplexe nicht-lineare transiente Aufgabenstellungen mit hoher Genauigkeit und relativ kurzen Berechnungszeiten bearbeiten.

Speziallösung für die Getriebeentwicklung

Bei MSC-Software, u. a. Anbieter der MKS-Lösung Adams, hat man sich eingehend mit der Getriebe-problematik auseinandergesetzt und mit „Gear AT“ eine für die konstruktive Praxis maßgeschneiderte Lösung zur Auslegung, Analyse und Optimierung von Komponenten und kompletten Getrieben entwickelt, die als Plug-In für Adams funktioniert. Da das Simulationsmodell aus flexiblen und interagierenden Komponenten besteht, können Ingenieure die optimale Anordnung des Getriebesystems entwerfen und zugleich wichtige Informationen über Verschiebungen, Biegungen und Spannungen in Zahnrädern und Lagern berücksichtigen.

Nicht für jede Untersuchung wird ein hochdetailliertes Modell benötigt. Dank einer hohen Skalierbarkeit und Rechengenauigkeit können von ersten noch groben Konzeptstudien bis hin zu detaillierten Simulationen statische und dynamische Konstruktionsansätze mit einem einzigen, an die jeweiligen Erfordernisse angepassten, Simulationsmodell untersucht werden.

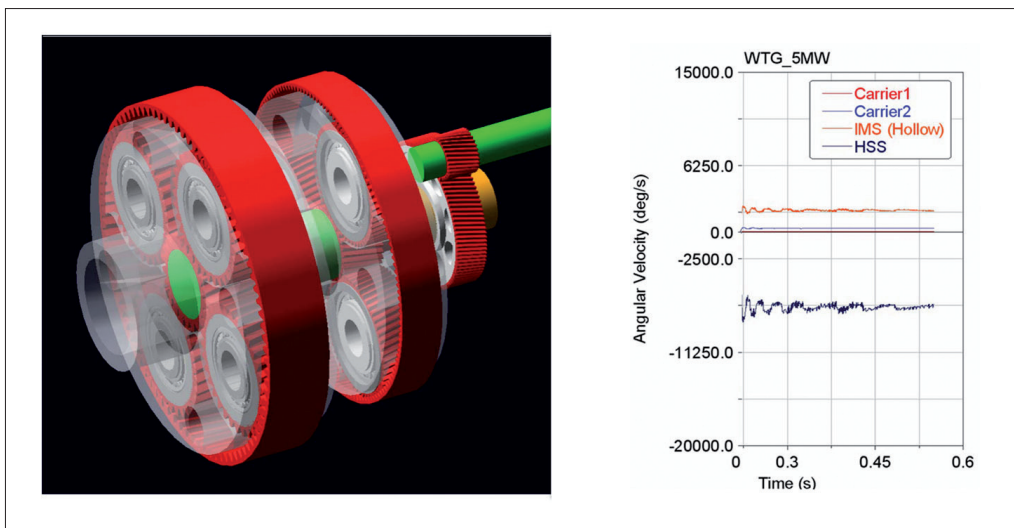


Bild 4

Getriebe einer 5 MW-Windenergieanlage; Gehäuse und Planetenträger der zweiten Stufe sind ausgeblendet, existieren aber. Gehäuse, Planetenträger und Verzahnungsgrundkörper der dritten Stufe sind flexibel

Nicht-lineares Verhalten von Zahnrädern und Lagern kann dabei ebenso berücksichtigt werden wie die Zahn-Mikrogeometrie. Ein hochauflösender Zahnkontakt-Algorithmus berechnet die Kraftverteilung auf der Zahnflanke unter Einbeziehung der aufgebrachten Mikrokorrekturen, des variierenden Radabstands und Eingriffsfehlers sowie aller Bewegungen und Verformungen der interagierenden Systemkomponenten.

Einer der zentralen Vorteile der Adams-Integration ist, dass das Systemverhalten des Getriebes als Bestandteil des gesamten Antriebsstrangs unter Berücksichtigung der entsprechenden Dynamik simuliert werden kann. Im Gegensatz zu entkoppelten Betrachtungen lassen sich so realistische Aussagen über das tatsächliche Betriebsverhalten, speziell unter Lastwechseln, machen.

Fazit

Das Konzept, die Leistungsfähigkeit von Standardlösungen wie Adams zu nutzen und durch Branchen- bzw. Aufgaben-spezifische Plug-Ins zu erweitern, ist ein vielversprechender Ansatz. Mit Gear AT hat MSC.Software ein Werkzeug für die Praxis entwickelt, das durch seine außerordentliche Flexibilität den gesamten Getriebeentwicklungs- und Konstruktionsprozess abdeckt.

Durch die Einbindung in Gesamtkonzepte können Aussagen in einer Qualität getroffen werden, die bislang einen erheblich höheren Aufwand voraussetzten, wenn sie überhaupt möglich waren. Die für Systeme dieser Leistungsstärke außerordentlich leichte Benutzerführung, die sich am Konstruktionsprozess orientiert und über eine grafische Menüoberfläche erfolgt, macht es Anwendern einfach, auch komplexe Simulationsszenarien in kurzer Zeit umzusetzen.